

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-284533

(43)Date of publication of application : 12.10.2001

(51)Int.Cl.

H01L 27/04  
H01L 21/822  
H01L 21/3205  
H01L 21/768

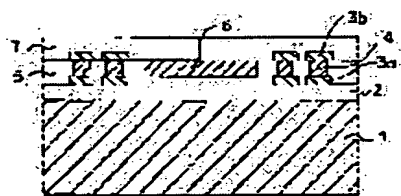
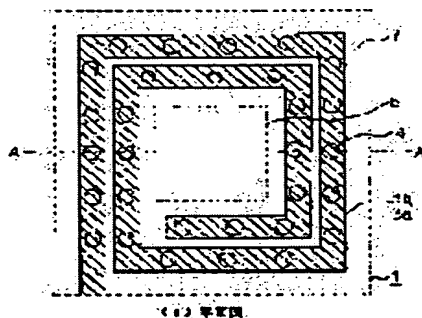
(21)Application number : 2000-091130

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 29.03.2000

(72)Inventor : FUJITA KEN  
HOGEN HIROSHI

## (54) ON-CHIP COIL MD ITS MANUFACTURING METHOD



(a) 平面図  
(b) A-A'断面図

1: シリコン基板  
2: 絶縁膜  
3a: コイル配線  
3b: コイル配線  
4: プラグ  
5: 層絶縁膜  
6: 磁性コア

本発明の第1の実施形態のオンチップ・コイル

obtained without increasing the manufacturing process step.

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an on-chip coil and its manufacturing method which has a small occupied area and a high inductance.

SOLUTION: A coil wiring 3a is formed on an insulation film 2 formed on a silicon substrate 1 surface, a coil wiring 3b is formed thereon through a layer insulation film 5, and the coil wirings 3a, 3b are electrically interconnected with plugs 4 made of a ferroelectric metal filled in a plurality of through-holes formed in the layer insulation film 5. A magnetic core 6 is disposed in a central part of the coil wiring 3, and the plugs 4 and the magnetic core 6 are formed by forming through-holes in the layer insulation film 5 in the same step and filling the same ferroelectric metal in the formed through-holes at the same time. Thus, a compact on-chip coil having a high inductance and a low resistance is

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-284533

(P2001-284533A)

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001. 10. 12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 27/04  
21/822  
21/3205  
21/768

H 0 1 L 27/04  
21/88  
21/90

L 5 F 0 3 3  
S 5 F 0 3 8  
A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-91130 (P2000-91130)

(22) 出願日 平成12年 3 月29日 (2000. 3. 29)

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 藤田 研

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(72) 発明者 法元 寛

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

(74) 代理人 100086807

弁理士 柿本 恭成

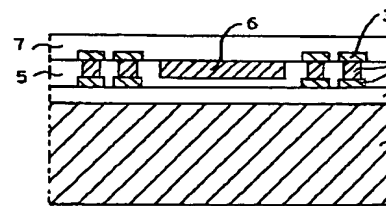
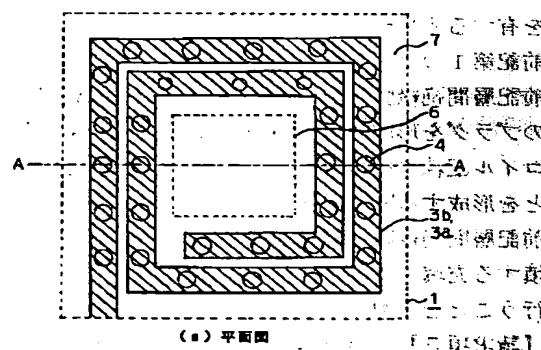
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 オンチップ・コイルとその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 占有面積が小さく、かつ大きなインダクタンスを有するオンチップ・コイルとその製造方法を提供する。

【解決手段】 シリコン基板 1 表面に形成された絶縁膜 2 上に、コイル配線 3 a が形成され、その上に層間絶縁膜 5 を介してコイル配線 3 b が形成される。コイル配線 3 a, 3 b 間は、層間絶縁膜 5 に形成された複数の貫通穴に充填された強磁性体金属によるプラグ 4 で電氣的に接続されている。また、コイル配線 3 の中央部には、磁気コア 6 が配置されている。プラグ 4 と磁気コア 6 は、層間絶縁膜 5 に同一工程で貫通穴を形成し、形成した貫通穴に、同じ強磁性体金属を同時に充填することによって形成される。これにより、製造工程を増やすことなく、小形でインダクタンスが大きく、かつ抵抗分の小さなオンチップ・コイルが得られる。



(b) A-A 断面図  
1: シリコン基板  
2: 絶縁膜  
3a, 3b: コイル配線  
4: プラグ  
5: 層間絶縁膜  
6: 磁気コア  
7: 保護絶縁膜

本発明の第1の実施形態のオンチップ・コイル

BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板上に形成された第 1 のコイル配線と、

前記第 1 のコイル配線と同様の形状を有し、層間絶縁膜を介して前記第 1 のコイル配線に対向して形成された第 2 のコイル配線と、

前記第 1 及び第 2 のコイル配線を電氣的に並列接続するために、前記層間絶縁膜を貫通して形成された強磁性体金属による複数のプラグと、

前記プラグが形成された層と同一層で前記第 1 及び第 2 のコイル配線の中央部に当たる位置に、該プラグと同じ強磁性体金属で形成された磁気コアとを、

備えたことを特徴とするオンチップ・コイル。

【請求項 2】 半導体基板上に絶縁膜を介して形成されたコイル配線と、

前記コイル配線の中央部に配置され、軟磁性体粒子を接着性材料で固化して形成された磁気コアとを、

備えたことを特徴とするオンチップ・コイル。

【請求項 3】 半導体基板上に絶縁膜を介して形成されたコイル配線と、

前記コイル配線の中央部に配置され、軟磁性体粒子を接着性材料で固化して形成された第 1 の磁気コアと、

前記コイル配線の外周部を取巻くように配置され、前記第 1 の磁気コアと同じ材質の軟磁性体粒子を接着性材料で固化して形成された第 2 の磁気コアとを、

備えたことを特徴とするオンチップ・コイル。

【請求項 4】 半導体基板上に形成された第 1 のコイル配線と、層間絶縁膜を介して前記第 1 のコイル配線に対向して形成された第 2 のコイル配線と、前記第 1 及び第 2 のコイル配線を電氣的に並列接続する複数のプラグとを有するオンチップ・コイルの製造方法において、

前記第 1 のコイル配線が形成された半導体基板の表面に前記層間絶縁膜を形成した後、該層間絶縁膜に前記複数のプラグを形成するための開口部と前記第 1 及び第 2 のコイル配線の中央部に磁気コアを形成するための開口部とを形成する開口処理と、

前記層間絶縁膜に形成された開口部に強磁性体金属を充填する充填処理とを、

行うことを特徴とするオンチップ・コイルの製造方法。

【請求項 5】 半導体基板上に絶縁膜を介して形成されたコイル配線を有するオンチップ・コイルの製造方法において、

前記半導体基板上に前記絶縁膜を介して前記コイル配線を形成した後、前記絶縁膜に前記コイル配線の中央部に磁気コアを形成するための開口部を形成する開口処理と、

前記絶縁膜に形成された開口部に軟磁性体粒子及び接着性溶剤の混合物を充填する充填処理と、

前記絶縁膜の開口部に充填した混合物を熱によって固化して前記磁気コアを形成する形成処理とを、

行うことを特徴とするオンチップ・コイルの製造方法。

【請求項 6】 前記開口処理は、前記絶縁膜に前記コイル配線の中央部に第 1 の磁気コアを形成するための開口部を形成すると共に、該コイル配線の外周部に第 2 の磁気コアを形成するための開口部を形成することを特徴とする請求項 5 記載のオンチップ・コイルの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体集積回路中のインダクタンス素子や変圧器として使用されるオンチップ・コイルとその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、半導体集積回路で用いられるオンチップ・コイルは、シリコン基板上の層間絶縁膜の間に、アルミニウムや銅の配線パターンを螺旋状に形成して構成されていた。典型的なオンチップ・コイルの構造は、円形または方形の螺旋状となっており、直径または 1 辺の長さが 50～500  $\mu\text{m}$ 、巻き数が 1～10 回程度のものである。また、共振回路に用いられるオンチップ・コイルでは、抵抗値を小さくして Q を高くするために、コイルを多層に形成してコイル間をプラグと呼ばれる層間配線で接続するようにしている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来のオンチップ・コイルは、コイル内部が層間絶縁膜の誘電体で占められた空芯コイルとなっている。このため、インダクタンスの大きなコイルを形成するためには、コイルの巻き数を増やしたり寸法を大きくする必要があり、占有面積が大きくなるという課題があった。本発明は、オンチップ・コイルの中心部や周囲に磁性体の芯を形成することによって前記従来技術が持っていた課題を解決し、占有面積が小さく、かつ大きなインダクタンスを有するオンチップ・コイルとその製造方法を提供するものである。

## 【0004】

【発明の要約】

【課題を解決するための手段】 前記課題を解決するために、本発明の内の第 1 の発明は、オンチップ・コイルにおいて、半導体基板上に形成された第 1 のコイル配線と、前記第 1 のコイル配線と同様の形状を有し、層間絶縁膜を介して前記第 1 のコイル配線に対向して形成された第 2 のコイル配線と、前記第 1 及び第 2 のコイル配線を電氣的に並列接続するために、前記層間絶縁膜を貫通して形成された強磁性体金属による複数のプラグと、前記プラグが形成された層と同一層で前記第 1 及び第 2 のコイル配線の中央部に当たる位置に、該プラグと同じ強磁性体金属で形成された磁気コアとを備えている。

【0005】 第 1 の発明によれば、以上のようにオンチップ・コイルを構成したので、次のような作用が行われる。第 1 及び第 2 のコイル配線は、層間絶縁膜を貫通して形成された複数のプラグで並列接続されて 1 つの抵抗

分の小さなコイルとなる。更に、コイル配線の中央部に強磁性体金属で形成された磁気コアが配置されているので、インダクタンスが大きくなる。

【0006】第2の発明は、オンチップ・コイルにおいて、半導体基板上に絶縁膜を介して形成されたコイル配線と、前記コイル配線の中央部に配置され、軟磁性体粒子を接着性材料で固化して形成された磁気コアとを備えている。第2の発明によれば、次のような作用が行われる。コイル配線の中央部に軟磁性体粒子を接着性材料で固化して形成された磁気コアが配置されているので、インダクタンスが大きくなる。

【0007】第3の発明は、オンチップ・コイルにおいて、半導体基板上に絶縁膜を介して形成されたコイル配線と、前記コイル配線の中央部に配置され、軟磁性体粒子を接着性材料で固化して形成された第1の磁気コアと、前記コイル配線の外周部を取巻くように配置され、前記第1の磁気コアと同じ材質の軟磁性体粒子を接着性材料で固化して形成された第2の磁気コアとを備えている。第3の発明によれば、次のような作用が行われる。コイル配線の中央部及び外周部に軟磁性体粒子を接着性材料で固化して形成された第1及び第2の磁気コアが配置されているので、インダクタンスが大きくなる。更に、外周部に配置された第2の磁気コアによって、外部に対する磁界の漏洩が小さくなる。

【0008】第4の発明は、半導体基板上に形成された第1のコイル配線と、層間絶縁膜を介して前記第1のコイル配線に対向して形成された第2のコイル配線と、前記第1及び第2のコイル配線を電氣的に並列接続する複数のプラグとを有するオンチップ・コイルの製造方法において、前記第1のコイル配線が形成された半導体基板の表面に前記層間絶縁膜を形成した後、該層間絶縁膜に前記複数のプラグを形成するための開口部と前記第1及び第2のコイル配線の中央部に磁気コアを形成するための開口部とを形成する開口処理と、前記層間絶縁膜に形成された開口部に強磁性体金属を充填する充填処理とを行うようにしている。

【0009】第5の発明は、半導体基板上に絶縁膜を介して形成されたコイル配線を有するオンチップ・コイルの製造方法において、前記半導体基板上に前記絶縁膜を介して前記コイル配線を形成した後、前記絶縁膜に前記コイル配線の中央部に磁気コアを形成するための開口部を形成する開口処理と、前記絶縁膜に形成された開口部に軟磁性体粒子及び接着性溶剤の混合物を充填する充填処理と、前記絶縁膜の開口部に充填した混合物を熱によって固化して前記磁気コアを形成する形成処理とを行うようにしている。

【0010】第6の発明は、第5の発明の開口処理において、前記絶縁膜に前記コイル配線の中央部に第1の磁気コアを形成するための開口部を形成すると共に、該コイル配線の外周部に第2の磁気コアを形成するための開

口部を形成するようにしている。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）図1（a）、（b）は、本発明の第1の実施形態を示すオンチップ・コイルの構成図であり、同図（a）は表面からコイル部を透視した平面図、及び同図（b）は同図（a）におけるA-A線による断面図である。このオンチップ・コイルは、半導体集積回路のコイル形成領域に設けられるもので、図1（b）に示すように、シリコン基板1上に形成された酸化シリコン等の絶縁膜2の上に、矩形の螺旋状に形成されたコイル配線3aを有している。コイル配線3aは、例えば窒化チタン／チタン／アルミニウムシリコン銅合金／チタン／窒化チタンの積層構造の厚さ0.5～1μm程度の導電層で形成されている。配線の幅は5～20μmで、コイルの外側の辺の長さは、一般的に50～500μm程度となっている。図1（a）に示すコイル配線3aの巻き数は2回であるが、所望のインダクタンスに応じて1～100回程度の巻き数に形成される。

【0012】コイル配線3aの上には、この配線幅等に応じて5～40μm間隔で、鉄、コバルトまたは鉄コバルト合金等の強磁性体金属による複数のプラグ4を介して、このコイル配線3aと同じ形状のコイル配線3bが接続されている。絶縁膜2の上には、コイル配線3aとプラグ4を埋め込むように、酸化シリコン等の層間絶縁膜5が形成されている。コイル配線3aの中央部の層間絶縁膜5は、このコイル配線3aと同程度の厚さとなっており、その上にプラグ4と同じ材質の磁気コア6が、このプラグ4と同程度の厚さで埋め込まれている。更に、コイル配線3b、層間絶縁膜5及び磁気コア6の表面には、保護絶縁膜7が形成されている。

【0013】図2（a）～（f）は、図1のオンチップ・コイルの製造方法を示す工程図である。このオンチップ・コイルは、次のような工程1～工程6で製造される。

#### （1） 工程1

シリコン基板1の表面を酸化して酸化シリコン等の絶縁膜2を形成する。更に、この絶縁膜2の表面に、窒化チタン、チタン、アルミニウムシリコン銅合金、チタン、及び窒化チタンを順次、スパッタリング法で蒸着し、厚さ0.5～1μm程度の積層構造の導電層3を形成する。

#### （2） 工程2

導電層3の上にホトリソグラフィ法でエッチング用のマスクを形成し、この導電層3をエッチングすることにより、コイル配線3aを形成する。

#### 【0014】（3） 工程3

絶縁膜2及びコイル配線3aの表面に、気相堆積法によって酸化シリコン等の層間絶縁膜5を形成する。

#### （4） 工程4

層間絶縁膜 5 の上にホトリソグラフィ法でエッチング用のマスクを形成し、この層間絶縁膜 5 を弗化炭素と酸素の混合ガスを用いてドライエッチングし、コイル中央部の磁気コア用の開口部 5 A と、コイル配線 3 a 上のプラグ用の開口部 5 B を形成する。なお、コイル中央部の開口部 5 A の深さは、コイル配線 3 a の表面よりも若干深く、かつ絶縁層 2 に達しないような深さに設定する。

#### 【0015】(5) 工程 5

開口部 5 A、5 B が形成された層間絶縁膜 5 の表面全体に、この開口部 5 A、5 B が埋まるように鉄等の強磁性体金属をめっきによって堆積した後、層間絶縁膜 5 上に堆積した強磁性体金属を化学的機械研磨によって除去する。これによって、コイル配線 3 a 上にプラグ 4 が形成されると共に、コイル中央部に磁気コア 6 が形成される。

#### 【0016】(6) 工程 6

プラグ 4 及び磁気コア 6 が埋込まれた層間絶縁膜 5 の表面に、工程 1 と同様に、窒化チタン、チタン、アルミニウムシリコン銅合金、チタン、及び窒化チタンを順次、スパッタリング法で蒸着することにより、厚さ 0.5 ~ 1  $\mu\text{m}$  程度の積層構造の導電層を形成する。形成された導電層の上にホトリソグラフィ法でエッチング用のマスクを形成し、この導電層をエッチングすることにより、コイル配線 3 b を形成する。そして、コイル配線 3 b、層間絶縁膜 5 及び磁気コア 6 の表面に保護絶縁膜 7 を形成し、図 1 のオンチップ・コイルが完成する。

【0017】このようにして形成されたオンチップ・コイルは、中央部に強磁性体金属による磁気コア 6 が配置されているので、そのインダクタンスは、磁気コアのない空芯コイルに比べて、この磁気コア 6 の比透磁率に比例して大きくなる。800 ~ 950℃ でアニール（焼きなまし）を施した鉄の比透磁率は 180 程度、鉄（50%）とコバルト（50%）の合金の比透磁率は 800 程度であるが、アニールを施さない図 1 のような形状の磁気コア 6 の場合でも、1 ~ 10 程度の実効的な比透磁率を得ることができる。また、このオンチップ・コイルは、2 層のコイル配線 3 a、3 b を複数のプラグ 4 で並列接続した構成となっているので、抵抗分が小さくなる。

【0018】以上のように、この第 1 の実施形態のオンチップ・コイルは、コイル中央部に磁気コア 6 を有しているので、従来の空芯コイルに比べて大きなインダクタンスを得ることができる。また、2 層のコイル配線 3 a、3 b の間は、抵抗率があまり高くない（コイル配線 3 a 等の 10 倍以下）磁気コア 6 と同じ材料の複数のプラグ 4 で並列に接続している。これにより、コイルの抵抗分が小さくなり、Q を高くすることができる。更に、プラグ 4 と磁気コア 6 は、同一の材料で構成しているので、同一工程で同時に形成することが可能になり、工程を増やすことなく、この磁気コア 6 を形成することがで

きる。

【0019】（第 2 の実施形態）図 3 は、本発明の第 2 の実施形態を示すオンチップ・コイルの断面図であり、図 1 中の要素と共通の要素には共通の符号が付されている。このオンチップ・コイルは、図 1 のオンチップ・コイルと同様に、半導体集積回路のコイル形成領域に設けられるもので、シリコン基板 1 上に形成された酸化シリコン等の絶縁膜 2 の上に、矩形的螺旋状に形成されたコイル配線 3 a を有している。コイル配線 3 a の上には、この配線幅等に応じた間隔で、アルミニウムや銅等の金属による複数のプラグ 8 を介して、このコイル配線 3 a と同じ形状のコイル配線 3 b が接続されている。絶縁膜 2 の上には、コイル配線 3 a とプラグ 8 を埋め込むように、酸化シリコン等の層間絶縁膜 5 が形成されている。更に、層間絶縁膜 5 及びコイル配線 3 b の表面には保護絶縁膜 7 が形成されている。

【0020】また、コイル配線 3 a、3 b の中央部の保護絶縁膜 7 及び層間絶縁膜 5 には、絶縁膜 2 に達する開口部が設けられ、この開口部の内部にポリイミドを溶剤として鉄または鉄ベリリウム化合物等の軟磁性体粒子を混合した磁気コア 9 が埋め込まれている。軟磁性体粒子の粒径は 1  $\mu\text{m}$  程度であり、粒子密度は  $1 \times 10^{10}$  個/ $\text{cm}^3$  程度である。尚、軟磁性体粒子の粒子密度に制限はなく、密度が高いほど高い透磁率が得られるので、インダクタンスを大きくすることができる。

【0021】図 4 (a) ~ (c) は、図 3 のオンチップ・コイルの製造方法を示す工程図である。このオンチップ・コイルは、次の工程 11 ~ 工程 14 で製造される。

#### (1) 工程 11

従来のオンチップ・コイルと同様の製造方法により、シリコン基板 1 上にコイル配線を形成する。即ち、まず、シリコン基板 1 の表面を酸化して酸化シリコン等の絶縁膜 2 を形成し、続いてこの絶縁膜 2 の表面に窒化チタン、チタン、アルミニウムシリコン銅合金、チタン、及び窒化チタンを、順次スパッタリング法で蒸着して厚さ 0.5 ~ 1  $\mu\text{m}$  程度の積層構造の導電層 3 を形成する。

#### 【0022】

次に、導電層 3 の上にホトリソグラフィ法でエッチング用のマスクを形成し、この導電層 3 をエッチングすることにより、コイル配線 3 a を形成する。絶縁膜 2 及びコイル配線 3 a の表面に、気相堆積法によって酸化シリコン等の層間絶縁膜 5 を形成する。層間絶縁膜 5 の上にホトリソグラフィ法でエッチング用のマスクを形成し、この層間絶縁膜 5 を弗化炭素と酸素の混合ガスを用いてドライエッチングし、コイル配線 3 a 上にプラグ用の開口部を形成する。

【0023】開口部が形成された層間絶縁膜 5 の表面全体に、この開口部が埋まるようにアルミニウムまたは銅等の金属をめっきによって堆積した後、この層間絶縁膜 5 上に堆積した金属を化学的機械研磨で除去する。これ

によって、コイル配線3a上にプラグ8が形成される。

【0024】プラグ8が埋込まれた層間絶縁膜5の表面に、窒化チタン、チタン、アルミニウムシリコン銅合金、チタン、及び窒化チタンを、順次スパッタリング法で蒸着して積層構造の導電層を形成する。形成された導電層の上にホトリソグラフィ法でエッチング用のマスクを形成し、この導電層をエッチングすることにより、コイル配線3bを残す。そして、コイル配線3b及び層間絶縁膜5の表面に保護絶縁膜7を形成する。以上で、従来と同様の空芯のオンチップ・コイルが形成される。

#### 【0025】(2) 工程12

保護絶縁膜7の表面にホトリソグラフィ法でエッチング用のマスクを形成し、例えば25%に希釈した弗酸を用いて、この保護絶縁膜7及び層間絶縁膜5をエッチングし、絶縁膜2まで達する開口部7Aを形成する。

#### 【0026】(3) 工程13

開口部7Aが形成されたシリコン基板1の表面に、ポリイミドを溶剤として軟磁性体粒子を混合した混合物をスピコート法で塗布し、この開口部7Aに充填する。混合物の塗布後、300℃程度で約10分間アニールし、ポリイミドを固化する。

#### 【0027】(4) 工程14

シリコン基板1表面全体に塗布されて固化したポリイミドを、保護絶縁膜7が現われるまでヒドラジンで除去する。これにより、工程12で形成した開口部7Aに、ポリイミドで固定された軟磁性体粒子による磁気コア9が残り、図3のオンチップ・コイルが完成する。

【0028】このようにして形成されたオンチップ・コイルは、中央部に磁気コア9が配置されているので、そのインダクタンスは、磁気コアのない空芯コイルに比べて、この磁気コア9の比透磁率に比例して大きくなる。鉄化合物の比透磁率は一般的に100以上であるが、図3のような形状の磁気コア9の場合でも、2程度の実効的な比透磁率を得ることができる。また、このオンチップ・コイルは、2層のコイル配線3a、3bを複数の金属プラグ8で並列に接続した構成となっているので、抵抗分が小さくなる。

【0029】以上のように、この第2の実施形態のオンチップ・コイルは、コイル中央部に磁気コア9を有しているため、大きなインダクタンスを得ることができる。更に、2層のコイル配線3a、3bを金属のプラグ8で並列に接続しているため抵抗分が小さくなり、Qを高くすることができる。更に、工程13において、ポリイミドと軟磁性体粒子の混合物をスピコート法で塗布することによって、コイル中央部に磁気コア9を形成しているため、磁性体を蒸着したり気相成長法で形成する方法に比べて短時間に形成することができる。また、磁気コア9を構成する軟磁性体粒子のアニールは、ポリイミドに混合する前に、最適な条件で行うことができるので、この磁気コア9の比透磁率を増加させることができる。

【0030】(第3の実施形態)図5は、本発明の第3の実施形態を示すオンチップ・コイルの断面図であり、図3中の要素と共通の要素には共通の符号が付されている。このオンチップ・コイルは、コイル配線3a、3bの中央部に形成された磁気コア9に加えて、このコイル配線3a、3bの周囲にも磁気コア10を設けたものであり、その他の構成は、図3と同様である。

【0031】このようなオンチップ・コイルは、中央部及び外周部に軟磁性体粒子による磁気コア9、10が配置されているので、第2の実施形態と同様に、そのインダクタンスは、磁気コアのない空芯コイルに比べて、この磁気コア9、10の比透磁率に比例して大きくなる。また、このオンチップ・コイルは、2層のコイル配線3a、3bを複数の金属プラグ8で並列に接続した構成となっているので、抵抗分が小さくなる。以上のように、この第3の実施形態のオンチップ・コイルは、第2の実施形態と同様の利点に加えて、コイル外周部に磁気コア10を配置しているため、外部に漏れる磁界の影響を小さくすることができるという利点がある。

【0032】なお、本発明は、上記実施形態に限定されず、種々の変形が可能である。この変形例としては、例えば、次の(a)～(d)のようなものがある。

(a) コイルの寸法や材料は、例示したものに限定されず所望のコイルの特性に応じて、適切なものを使用することができる。

(b) コイルの形状は矩形に限らず、円形の螺旋状に形成しても良い。また、コイル配線層の数は、2に限定されず、更に多数のコイル配線をプラグで接続するようにしても良い。

【0033】(c) インダクタンス素子としてのオンチップ・コイルについて説明したが、2つのコイルを磁気的に結合するように形成して、変圧器を構成するようにしても良い。

(d) 図3及び図5のオンチップ・コイルでは、磁気コア9、10として、軟磁性体粒子をポリイミドを溶剤として混合しているが、ポリイミドに代えて、アニール時に蒸発したり体積の減少を伴う有機系の材料を使用しても良い。これにより、アニールによって軟磁性体粒子の密度が高くなり、比透磁率が高くなって大きなインダクタンスが得られるので、コイルの小形化が可能になる。

#### 【0034】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、第1の発明によれば、層間絶縁膜を貫通して第1及び第2のコイル配線を並列接続する複数のプラグを有しているため、抵抗分の小さなコイルが得られる。更に、コイル配線の中央部に強磁性体金属で形成された磁気コアが配置されているため、小形で大きなインダクタンスが得られる。第2の発明によれば、コイル配線の中央部に軟磁性体粒子で形成された磁気コアが配置されているため、大きなイ

ンダクタンスが得られる。

【0035】第3の発明によれば、コイル配線の中央部に軟磁性体粒子で形成された第1の磁気コアが配置され、このコイル配線を取巻くように第1の磁気コアが配置されている。このため、インダクタンスが大きく、かつ外部に対する磁界の漏洩が小さいオンチップ・コイルが得られる。第4の発明によれば、開口処理において、複数のプラグと磁気コア用の開口部を同時に形成すると共に、充填処理によってこれらの開口部に同時に強磁性体金属を充填している。これにより、製造工程を増やすことなく第1の発明のオンチップ・コイルを製造することができる。

【0036】第5及び第6の発明によれば、従来の方法で空芯コイルを形成した後、開口処理によって、コイル配線の中央部または外周部の絶縁膜に磁気コアを形成するための開口部を形成する。また、充填処理によって、この絶縁膜に形成された開口部に軟磁性体粒子及び接着性溶剤の混合物を充填する。更に、形成処理によって、充填した混合物を加熱固化して磁気コアを形成している。これにより、第2または第3の発明のオンチップ・コイルにおける磁気コアを、短時間で形成することがで

きる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態を示すオンチップ・コイルの構成図である。

【図2】図1のオンチップ・コイルの製造方法を示す工程図である。

【図3】本発明の第2の実施形態を示すオンチップ・コイルの断面図である。

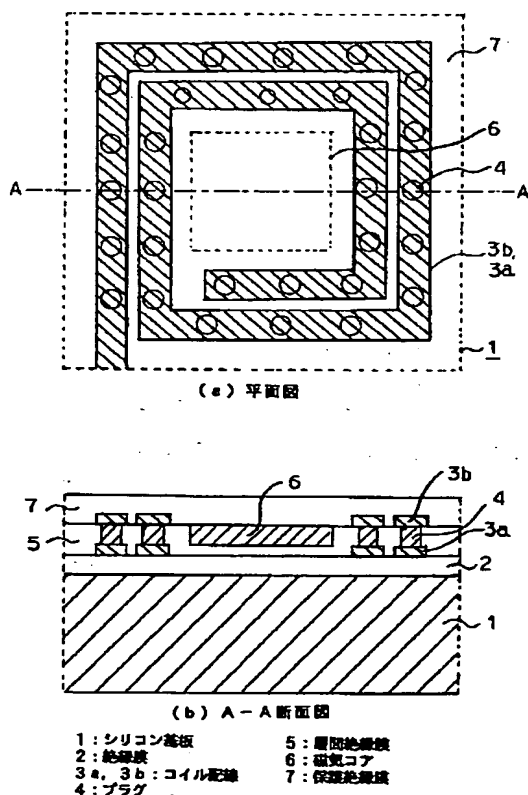
【図4】図3のオンチップ・コイルの製造方法を示す工程図である。

【図5】本発明の第3の実施形態を示すオンチップ・コイルの断面図である。

【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 絶縁膜
- 3 a, 3 b コイル配線
- 4, 8 プラグ
- 5 層間絶縁膜
- 6, 9, 10 磁気コア
- 7 保護絶縁膜

【図1】



本発明の第1の実施形態のオンチップ・コイル

【図2】

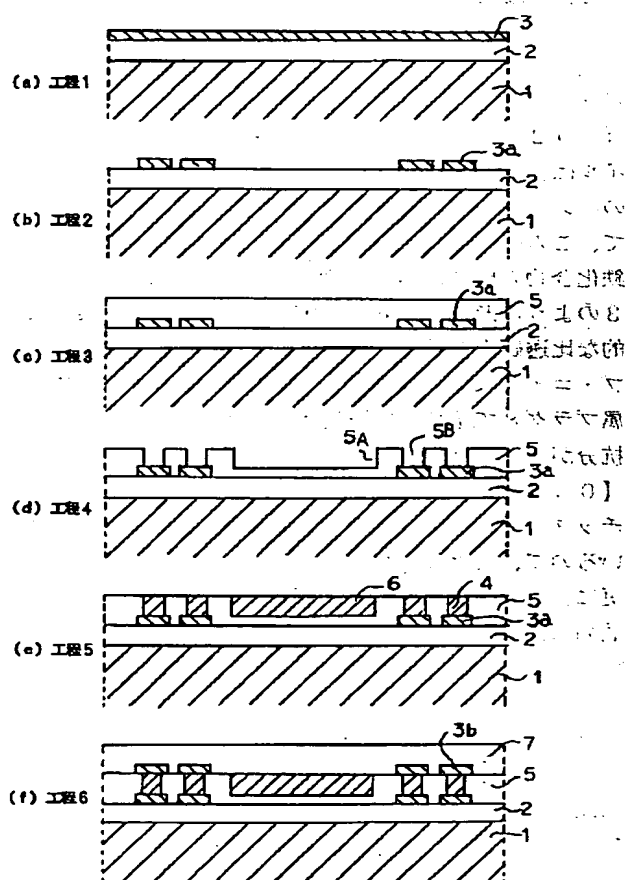
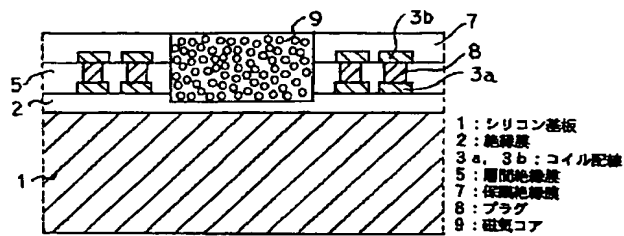


図1の製造方法

【図3】



本発明の第2の実施形態のオンチップ・コイル

【図4】

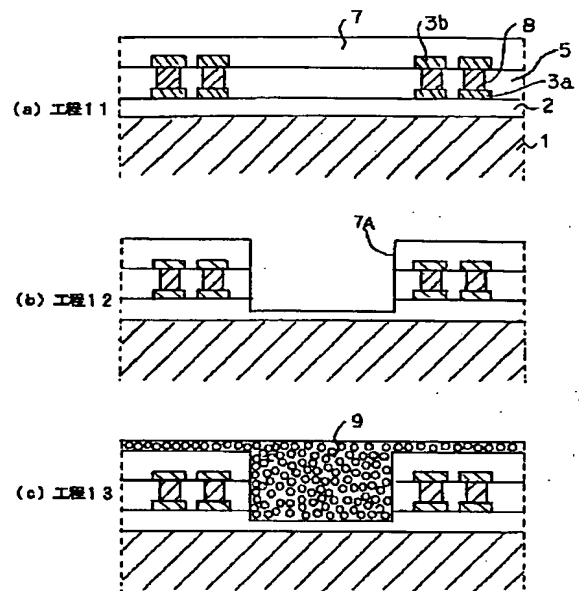
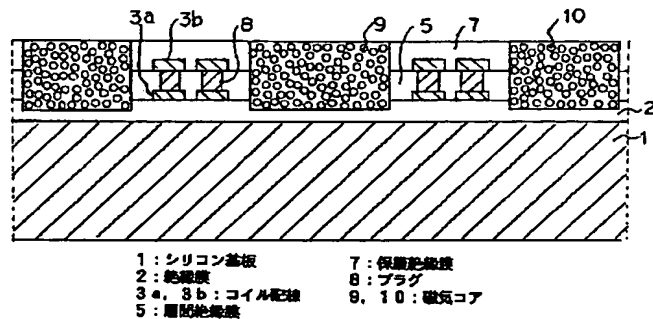


図3の製造方法

【図5】



本発明の第3の実施形態のオンチップ・コイル

フロントページの続き

Fターム(参考) 5F033 HH09 HH18 HH33 JJ08 JJ11  
JJ15 JJ16 KK09 KK18 KK33  
NN19 PP15 PP26 PP27 PP28  
QQ08 QQ09 QQ11 QQ19 QQ48  
QQ73 RR04 SS11 VV08 XX08  
5F038 AR16 AZ04 CD18 DF01 EZ01  
EZ14 EZ15 EZ17 EZ20